# Actitudes y alfabetización científica en México de frente a la cuarta revolución industrial.

## Luis Miguel Ángel Cano Padilla
**Taller de Tecnologías Aplicadas a la Educación $T^2AE$**
**canolma@gmail.com**

### Resumen

Durante el Foro Económico Mundial del 2016, el profesor Klaus Schwab designó cómo cuarta revolución industrial a un conjunto de trasformaciones que se han estado viviendo en la época actual en ámbitos tan importantes como la economía y la trasformación de la Industria, principalmente a través de la implementación de Inteligencia Artificial para la automatización de los procesos de producción. Este no es el único cambio significativo, a él se suman la aparición de las criptomonedas, la transformación de datos masivos en fuente de conocimiento y toma de decisiones entre otros, que tienen como característica común un alto grado de vinculación con distintas áreas de la ciencia y la tecnología. Desde esta perspectiva las sociedades en general deberán comenzar a contar con mejores bases en estas dos áreas para que en el futuro próximo sus miembros puedan no solo comprender sino participar de los cambios más importantes que aún han de transformar la superficie de la tierra sin embargo esto implica dos cosas importantes, la primera es contar con una actitud hacia la ciencia de interés y curiosidad, la otra es contar con las bases conceptuales y procedimentales para aprovechar el conocimiento a su favor. En este escrito indagamos que tan preparada esta una sociedad como la mexicana para los cambios que se avecinan a partir de lo mencionado.

**Palabras clave:** cuarta revolución industrial, ciencia, tecnología, educación en ciencias, actitudes hacia la ciencia

### Abstract

During the 2016 World Economic Forum, Professor Klaus Schwab designated as the fourth industrial revolution a set of transformations that have been lived in the current years in such important areas as the economy and the transformation of the industry, mainly through the Implementation of Artificial Intelligence for the automation of production processes. This is not the only significant change, added to it is the appearance of cryptocurrencies, the transformation of massive data into a source of knowledge and decision making among others, which have as a common feature a high degree of linkage with different areas of science and technology. From this perspective, societies in general must begin to have better bases in these two areas so that in the near future their members can not only understand but participate in the most important changes that have yet to transform the surface of the earth. But this implies two important things, the first is to have an attitude towards science of interest and curiosity, the other is to have the conceptual and procedural bases to take advantage of knowledge in their favor. In this paper we inquire how good prepared is a society like the Mexican one for the changes that are coming from the aforementioned.

Key words fourth industrial revolution, science, technology, science education, attitudes towards science

> "You cannot wait until a house burns down to buy fire insurance on it. We cannot wait until there are massive dislocations in our society to prepare for the Fourth Industrial Revolution." Robert J. Shiller

### 1. La ciencia y la tecnología en la educación durante la cuarta revolución industrial: educación 3.0 vs educación 4.0

Criptomonedas y tecnología de *blockchain*, vehículos autónomos, IoT, domótica, realidad aumentada, *Big Data*, *machine learning*, edición genética, bioinformática, impresión 4D, etc. Estos son tan solo algunos de los conceptos relacionados con nuevas tecnologías, nuevas técnicas y nuevos conocimientos científicos que llenan cada día, y cada vez con

mayor frecuencia los espacios informativos en los medios de comunicación masiva. No se trata tan solo de nuevos inventos sino de nuevas formas de interactuar con la realidad que están transformando la forma en la que vivimos, la forma en la que nos comunicamos y la forma en la que producimos. Toda esta nueva y compleja forma de vivir, comunicarse y producir por medio del uso de herramientas tecnológicas sofisticadas forma parte de lo que Klaus Schwab denominó, durante el *Wolrd Economic Forum* en su edición del 2016, como la cuarta revolución industrial. A diferencia de las tres revoluciones industriales que le precedieron esta etapa, que también ha sido denominada como *the second machine age* según Brynjolfsson y McAfee (2014), conlleva transformaciones muy fuertes no solamente en el ámbito de la naturaleza externa, sino sobre todo en el de la naturaleza interna del individuo mismo, al decir del mismo Schwab (2016):

> "It... combines multiple technologies that are leading to unprecedented paradigm shifts in the economy business, society and individually. It is not only changing the "what" and the "how" of doing things but also "who" we are." (*Y más Adelante especifica el hecho de que)* "Occurring simultaneously are waves of further breakthroughs in areas ranging from gene sequencing to nanotechnology, from renewables to quantum computing. It is the fusion of these technologies and their interaction across the physical, digital and biological domains that make the fourth industrial revolution fundamentally different from previous revolutions." [1]

Debido al último aspecto que menciona Schwab acerca de los descubrimientos que apenas se vislumbran en varias áreas del conocimiento, un aspecto fundamental relacionado con esta cuarta revolución industrial es su carácter incierto pues junto al asombro que produce el vertiginoso avance de tecnologías como la edición genética, la inteligencia artificial o la nanotecnología, también surge la incertidumbre sobre la mayor parte de sus alcances y potencialidades tanto en el aspecto positivo como en el negativo ¿Qué será posible hacer con estas tecnologías? ¿Traerán consigo situaciones que nadie ha tomado en cuenta hasta ahora en el plano epistemológico, ontológico y ético? ¿Cómo diferenciar su buen uso frente a situaciones potencialmente peligrosas? La respuesta en la mayoría de estas preguntas es simple y sencillamente -aún no sabemos-

Lo que si sabemos en cambio es que el surgimiento y el manejo de las situaciones relacionadas con las nuevas formas de interacción humana dentro de la cuarta revolución industrial están mediadas en su mayor parte por la tecnología y que el conocimiento

[1] Esta cuarta revolución combina múltiples tecnologías que están conduciendo a saltos paradigmáticos sin precedentes en la economía, la sociedad y los individuos. No solamente está cambiando el "que" y "como" se hacen las cosas sino también el "quienes" somos. Se aprecian en el horizonte oleadas de nuevos descubrimientos en áreas que van desde la secuenciación genética a la nanotecnología, de las energías renovables a la computación cuántica. Es la fusión de estas tecnologías y su interacción a través de los dominios de lo físico, lo digital y lo biológico que hace de la cuarta revolución fundamentalmente distinta de las precedentes. (traducción mia)

científico aplicado en beneficio de las distintas industrias será fundamental para el desarrollo de las economías nacionales, ya que al combinarse con la creatividad y la innovación en busca de solución a diversos problemas será capaz de abrir los caminos hacia nuevas formas de producción y de generación de riqueza basada en el manejo y el control de la información. Frente a este panorama general resulta obvio el que la educación tenga que replantear sus objetivos y sus métodos, sin embargo como menciona Harari (2018) no contamos aún con un modelo que se ajuste a los nuevos cambios y menos aún que se ajuste a las distintas necesidades de cada población, sea como sea esta ruptura que alcanzará tarde o temprano a los paradigmas educativos dominantes, marcará de manera muy señalada el fin de los modelos lineales actualmente de moda que tratan de aplicarse a cientos de millones de personas distintas esperando vanamente resultados siempre similares a los del modelo inicial, generalmente propuesto como la fórmula del éxito.

> “La revolución industrial nos ha legado la teoría de la educación como una cadena de producción. En medio de la ciudad hay un gran edificio de hormigón dividido en muchas salas idénticas, cada una de ellas equipada con hileras de mesas y sillas. Al sonido de un timbre nos dirigimos a una de estas salas con treinta niños que nacieron el mismo año que nosotros. Cada hora entra un adulto en la sala y empieza a hablar. A todos ellos les paga el gobierno para eso. Uno de ellos nos habla de la forma de la tierra, otro nos cuenta cosas del pasado de los humanos y un tercero nos explica aspectos del cuerpo humano. Es fácil reírse de este modelo, y casi todo el mundo está de acuerdo en que, con independencia de sus logros anteriores, ahora se halla en crisis. Pero hasta ahora no hemos creado una alternativa viable; al menos, y sin duda, no una capaz de ajustarse y que pueda ser implementada en el México rural y no solo en los lujosos barrios residenciales de California.”

La crítica de Harari es bastante acertada  pues los modelos educativos dominantes por lo menos en el tercer mundo, siguen siendo delineados principalmente por los objetivos y aspiraciones asumidos durante las tres primeras revoluciones industriales en cuya época las instituciones nacionales se formaron alrededor de diversas fuentes de producción de activos físicos directamente relacionados con las industrias primaria y secundaria de carácter nacional, de manera particular con la explotación de recursos naturales y su transformación en objetos de consumo masivo mediante la transformación industrial y la maquila.

En el caso concreto de México, el filósofo y jurista José Vasconcelos (1882-1959), dejo muy clara la relación entre educación y desarrollo económico dentro del paradigma de las dos primeras revoluciones industriales al asumir el cargo de rector de la Universidad Nacional en 1920. Estas ideas se plasmarían durante un tiempo en todos los niveles educativos al convertirse Vasconcelos en 1921 en la cabeza de una nueva institución

posrevolucionaria: la Secretaria de Educación Pública (SEP). En su discurso de aceptación del cargo de rector de la máxima casa de estudios del país Vasconcelos expresa una concepción de la educación como factor de transformación social y desarrollo económico que se convertiría en el eje de su programa educativo:

"Al decir educación me refiero a una enseñanza directa de parte de los que saben algo, en favor de los que nada saben; me refiero a una enseñanza que sirva para aumentar la capacidad productiva de cada mano que trabaja, de cada cerebro que piensa [...]Trabajo útil, trabajo productivo, acción noble y pensamiento alto, he allí nuestro propósito [...] Tomemos al campesino bajo nuestra guarda y enseñémosle a centuplicar el monto de su producción mediante el empleo de mejores útiles y de mejores métodos. Esto es más importante que distraerlos en la conjugación de los verbos, pues la cultura es fruto natural del desarrollo económico [...]"

Las palabras de Vasconcelos en este discurso pueden ser replanteadas sin ningún problema en el presente, debido a la urgencia con la que se debe vincular la educación con la vida fuera del aula en el contexto de esta cuarta revolución industrial, solo que necesita algunas actualizaciones, pues ya no se trata de formar al campesino, al obrero o al profesionista a la sombra de modelos educativos basados en la cadena de producción de activos físicos, sino de integrar a los individuos en las nuevas actividades productivas fundamentalmente relacionadas con los procesos de transformación de datos en conocimiento así como con la explotación de nuevos conocimientos que tengan una aplicación práctica y principalmente derivados del sector I + D (investigación y desarrollo). Esto significa empoderar a los sujetos con bases sólidas en ciencia, pero también en el manejo y adaptación de nuevas tecnologías, especialmente aquellas que son altamente disruptivas.

Esto último ha tenido un reflejo directo en las políticas educativas de algunos países como Estados Unidos, el cual por ejemplo ha centrado su atención en promover programas como *#hourofcode* desde el 2013 para incentivar el empoderamiento tecnológico de los ciudadanos desde edades muy tempranas por medio de uno de los instrumentos más comunes asociados a todas estas nuevas tecnologías; los lenguajes de programación. Sin embargo, esto es solamente una pequeña parte del horizonte, frente a las perspectivas de esta cuarta revolución industrial la prioridad educativa debe centrarse en sentar las bases sólidas de una buena comprensión de la ciencia, tanto de la pura cómo de la aplicada, así como de sus fundamentos epistemológicos y éticos.

Pero no todos los países están igual de preocupados por estos temas, tal vez porque hasta el momento el grueso de la población en algunos de ellos como México se las ha podido arreglar muy bien con elementos más o menos rústicos en la comprensión de la mayor parte de los avances tecnológicos desde el final de la segunda guerra mundial, lo que

explica en parte las graves deficiencias que presenta este país en su desempeño durante la aplicación de pruebas internacionales como PISA aplicada cada dos años por la OCDE[2]. Lamentablemente el futuro próximo no será muy benevolente con las personas y las sociedades que no posean la capacidad mínima de comprender toda la serie de cambios que están sucediendo a su alrededor, la mayoría de los cuales tienen su fundamento en alguna de las ramas de la ciencia y frecuentemente en la naturaleza transformadora de la tecnología. Una muestra de esto ya se puede apreciar hoy con temas tan relevantes como los transgénicos. El resultado que se ha visto en el debate general dentro de México es que, ante la complejidad del tema y la falta de bases sólidas para comprenderlo de manera correcta, la mayor parte de la población termina formando su opinión "propia" a la sombra de algún experto de renombre que les generé confianza con su discurso, el cual puede ser tanto a favor como en contra. Lamentablemente la mayor parte ignora los argumentos o las evidencias concretas, de nuevo debido a su complejidad y en su lugar basa sus conclusiones en la burda falacia *ad verecundiam*.

Esta lamentable situación podría continuar en esta nueva etapa de la historia humana, sin embargo, ya no será suficiente sí y solamente sí es que una sociedad desea participar de la prosperidad que ofrecen las nuevas fuentes de riqueza generadas por el manejo de la información y el conocimiento. Esto es también complicado ya que se espera que los conocimientos lleguen a ser tan complejos y especializados que desde luego un solo sujeto no podrá ser experto en todos y cada uno de ellos, el problema es entonces de nuevo poder elaborar modelos educativos reales que desarrollen la capacidad de análisis de argumentos y evidencias, el pensamiento crítico y el conocimiento de la naturaleza de la ciencia y la tecnología, esto para al menos tener una opinión fundamentada y en muchos casos realizar una decisión realmente informada cuando se discutan y debatan públicamente problemas relacionados por ejemplo, con los riesgos de la aplicación de nuevas técnicas o procedimientos tecnológicos. La alternativa no democrática a lo anterior será que un grupo de expertos asuma las decisiones sobre lo más conveniente para el grueso de la población sumida en la ignorancia en los temas de dicha naturaleza.

Ahora bien, debido a la incertidumbre que hemos mencionado más arriba, no tenemos aún claro exactamente para que tipo de nuevos trabajos deberán ser formados los niños y jóvenes de hoy, mucho menos para que tipo de nuevas sociedades. Piénsese por ejemplo en cómo las redes sociales han transformado la interacción humana en el lapso tan solo

---

[2] Más adelante en este mismo texto se abordará el tema del desempeño de México en PISA-ciencias

de un par de años, llegando a tener tal influencia en las masas al punto incluso de modificar conductas como la inclinación al voto con ayuda del análisis de las preferencias que tienen bloques de millones de usuarios en plataformas como Facebook tal y como sucedió en el famoso caso de Cambridge Analytica[3], caso que además pone de manifiesto la necesidad de una alfabetización social y un mayor debate acerca de buenas prácticas y ética relacionadas con la privacidad de cada usuario en el ámbito de las redes sociales en particular pero de las telecomunicaciones en general. Pero dejando por un instante a un lado estos casos particulares, lo que parece ser un punto común de partida para cualquier modelo educativo próximo es que siente bases de conocimiento solido en ciencias y matemáticas para manejar no solamente los conceptos y las técnicas ya conocidas, sino las que se vayan desarrollando en su momento y que probablemente sean de una complejidad bastante considerable en parte debido a nuevos descubrimientos en estas áreas y en parte debido a la compleja interacción entre varias de ellas. Sin embargo, tampoco podrá dejar a un lado toda una serie de reflexiones intensas acerca del funcionamiento y la trascendencia de esos mismos desarrollos. Esto también plantea una fuerte diferencia entre la educación previa 3.0 y la nueva 4.0.

Durante las revoluciones anteriores a la 4.0, los educandos tenían cómo opción analizar los impactos que había tenido la ciencia y la tecnología en el mundo que conocían, pero su objetivo principal era aprender los conocimientos suficientes para insertarse en el desarrollo productivo el cual podía prescindir completamente de dichas reflexiones, finalmente para ensamblar teléfonos celulares no se necesita reflexionar mucho sobre los procesos de comunicación humana ni para gestionar una línea de ferrocarril se tiene que reflexionar sobre el impacto de la segunda ley de la termodinámica en la irreversibilidad del tiempo. Sin embargo, no se pueden editar genes a diestra y siniestra sin tener que plantear escenarios en torno a las consecuencias de ello en distintos niveles, desde el impacto en la biosfera hasta la posibilidad de crear una nueva especie desconocida, lo mismo se puede decir acerca de crear maquinas autónomas sin pensar en la ética de las decisiones que tomarán con base en los algoritmos con los que se programen, es decir aquello que hoy se conoce ya como *moral machine*. La producción de nuevos conocimientos y tecnologías en esta fase del desarrollo histórico y su aplicación a nivel masivo conlleva tantas implicaciones de distintos tipos que simplemente sería una locura

[3] Para un resumen detallado véase el artículo de Ian Sherr en CNET (2018) "Facebook, Cambridge Analytica and data mining: What you need to know" https://www.cnet.com/news/facebook-cambridge-analytica-data-mining-and-trump-what-you-need-to-know/

tirar los dados que tenemos para ver lo que sucede. En este punto hay que ser realmente cuidadosos, pues la negligencia puede costar cara. Una sociedad que no tome hoy suficientemente en serio la educación de sus ciudadanos para esta nueva realidad, o que se contente con formar una pequeña elite empoderada en algunos de los aspectos por ejemplo de la nueva economía o los nuevos desarrollos tecnológicos, será una sociedad que quede al final en el lado menos favorecido de una brecha que tenderá a abrirse más que a cerrarse conforme pase el tiempo. La diversidad juega un papel crucial en la innovación y la resolución de problemas por lo que el monopolio del conocimiento en este contexto no es una opción.

Debemos recordar también que no hay fechas exactas *deadlines* para que estos cambios nos afecten como sociedad y como individuos, hace tan solo un par de años un aparato que imprimiera células vivas era simplemente inconcebible, ni siquiera en la ciencia ficción hubiera sonado verosímil, sin embargo en un breve espacio de tiempo esto ha llegado a ser una realidad tangible mediante el desarrollo de la técnica *in-air microfluidics*,[4] la cual abre nuevas posibilidades para el futuro en lo que se refiere al trasplante de órganos y problemas asociados a ellos como la compatibilidad y el rechazo inmunológico pero también abre escenarios en torno a la posibilidad de manipulaciones y riesgos desconocidos en estos momentos del desarrollo. Es por ello que a pesar de la intensa dependencia hacia la ciencia y la tecnología que conllevan los nuevos procesos de producción de riqueza, la educación en ciencias no se puede reducir a la sola asimilación de contenidos conceptuales y técnicas específicas, antes bien se debe replantear el tema de la naturaleza de la ciencia y del pensamiento científico en general, su función en esta nueva etapa del proceso histórico y las condiciones éticas dentro de las cuales se han de enmarcar las nuevas aplicaciones que en muchos casos tendrán repercusiones serias tanto para los individuos como para las sociedades, en este caso de nuevo hacemos eco de la crítica de Harari (2018) al modelo educativo aún vigente:

> "En un mundo de este tipo, lo último que un profesor tiene que proporcionar a sus alumnos es más información. En cambio, la gente necesita la capacidad de dar sentido a la información, de señalar la diferencia entre lo que es y no es importante y, por encima de todo, de combinar muchos bits de información en una imagen general del mundo".

Esto se ha puesto de manifiesto en últimas fechas por ejemplo a raíz del anuncio sin precedentes de que el investigador chino He Jiankuy logró realizar con éxito la edición

---

[4] Vease el articulo de Wiebe Van Der Veen (2018) 3-D printing of living cells: https://phys.org/news/2018-02-d-cells.html

genética de un par de fetos para otorgarles inmunidad ante el VIH. Hasta este momento la naturaleza ética del logro particular es debatible ya que su intensión al menos aparente es benéfica, sin embargo la naturaleza del logro desde un plano más general abre la posibilidad de alterar la naturaleza del ser humano en formas aún por averiguar y es ahí en donde se vuelve aún más apremiante el debate crítico respecto a este y otros temas de similar naturaleza frente a los cuales la mayor parte de la población no puede quedar simplemente como espectadora a riesgo de que se abra la posibilidad de un monopolio central en la toma de decisiones relevantes para la humanidad en manos de unos cuantos expertos lo cual sería preocupante para la continuidad del orden democrático mundial ya de por si debilitado en varios aspectos que tienen que ver con la concentración y el tráfico de datos que aprovechan la ignorancia de los usuarios de nuevas tecnologías, como las redes sociales, respecto a temas sensibles como la protección de datos y la seguridad informática relacionada.[5]

En estos momentos nos encontramos insertos dentro de una paradoja por un lado, es muy temprano para establecer esquemas solidos de lo que tendrá que ser un modelo adecuado para la educación en todos sus niveles durante los próximos años, pero por otro se nos está haciendo tarde para preparar a las futuras generaciones de ciudadanos ante los retos que supone la cuarta revolución industrial y que ya están afectando en este momento de forma muy importante el ámbito laboral, económico, social y de salud. No es nuestra intensión en este documento ofrecer ni siquiera un asomo de propuesta para el establecimiento de un modelo educativo que resuelva ninguno de los problemas mencionados, pero deseamos advertir que si por algún lado se debe y se tiene que comenzar a plantear algo que nos permita tener mejores oportunidades como sociedad en el futuro es indispensable revisar en qué situación estamos en el presente respecto a las necesidades educativas en el ámbito de la ciencia y la tecnología. A este respecto en México se aplica la Encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología (ENPECYT), desde el año 2011.  Se trata de un instrumento elaborado tanto por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), como por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), y cuyo objetivo es:

"...recopilar información relevante para la generación de indicadores que midan el conocimiento, entendimiento y actitud de las personas, relativos a las actividades científicas y tecnológicas, así como el perfil socioeconómico de las personas participantes, a fin de contar con elementos que sirvan de base para la planeación y definición de políticas públicas en materia de ciencia y tecnología.

---

[5] En este punto la referencia sigue siendo el escándalo de filtración de datos de millones de usuarios por parte de Facebook a Cambridge Analytica.

A partir de esta definición y de los resultados obtenidos es lógicamente viable darnos una idea clara del estado en el que se halla no la educación en ciencias dentro del país (esto lo revisaremos en la siguiente sección), sino sobre las actitudes como el interés y la percepción de los ciudadanos acerca de la ciencia y la tecnología. En este sentido pensamos que el factor actitudinal hacia la ciencia y la tecnología es importante ya que conlleva una relación con los resultados que se obtienen en el estudio de los contenidos y las técnicas de las diversas asignaturas enmarcadas dentro del corpus de la ciencia académica. En la siguiente sección revisaremos rápidamente el estado de las actitudes hacia la ciencia y la tecnología en México de manera comparativa entre las encuestas del 2015 y 2017

## 2. Visión de la ciencia y la tecnología en México de acuerdo con los indicadores de la Encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología (ENPECYT)

La ENPECYT[6] se aplica en México cada dos años desde el 2011, por lo que al 2018 se ha aplicado un total de 4 veces. Existen diferencias importantes entre los formatos del 2011, 2013 y los subsecuentes 2015 y 2017, por lo que para nuestros propósitos solamente nos referiremos a los resultados de estos dos últimos años.

La parte relevante del cuestionario que se aplica durante esta encuesta se halla en la sección IV denominada *comprensión y percepción de la ciencia y la tecnología*, la cual se divide en los siguientes apartados

A. Interés y nivel de información
B. Fuentes de información de la ciencia y la tecnología
C. Percepción de carreras científicas, profesiones y disciplinas
D. Cultura científica
E. Percepción del papel social de la ciencia y la tecnología, la investigación básica, los científicos y el gobierno

Cada apartado se divide a su vez en distintas preguntas relacionadas con el tema de este. En lo que sigue no detallaremos más sobre las características del cuestionario ya que este se puede consultar de forma publica en la página web del INEGI. Tampoco es nuestra intención desglosar cada una de las preguntas del cuestionario, por el contrario, solamente

---

[6] Todos los datos ofrecidos aquí se hallan en la sección de tabulados de la página electrónica del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Mexico): http://www.beta.inegi.org.mx/programas/enpecyt/2017/default.html

presentaremos aquellas que de acuerdo con nuestro objetivo revelen de manera clara la actitud general hacia la ciencia que tiene el ciudadano mexicano comprendido en la muestra. Una de las preguntas más reveladoras en este caso es la primera planteada en el cuestionario tanto del 2015 como del 2017 la cual interroga el nivel de interés que tiene el encuestado por diversos temas de actualidad entre los que se encuentran nuevos inventos, descubrimientos científicos y desarrollo tecnológico, así como las ciencias exactas. La figura 1 muestra la pregunta tal y como apareció en los cuestionarios tanto del 2015 como del 2017 y la cual incluye ocho tópicos que se pueden clasificar entre el nivel 1 y el 4, siendo el 1 equivalente a un mayor interés por el tópico y el 4 equivalente a un interés nulo por el tópico. Antes de revisar los resultados conviene especificar los tamaños de las muestras para cada uno de estos años: en el 2015 se especifica un total de 36, 068, 616 encuestados, mientras que para el 2017 se tuvo un total de 37, 057, 876 encuestados, lo que significa que durante la aplicación de la encuesta en 2017 se sumaron 989, 260 encuestados más que durante el 2015

**1. Por favor dígame si su interés por los temas que le mencionaré es muy grande, grande, moderado o nulo.**

*ANOTE EL CÓDIGO SEGÚN CORRESPONDA*
*MUY GRANDE = 1, GRANDE = 2, MODERADO = 3, NULO = 4*

*INTERÉS*

1 **Deportes** ..........
2 **Política** ..........
3 **Nuevos inventos, descubrimientos científicos y desarrollo tecnologico** ..........
4 **Ciencias exactas** ..........
5 **Ciencias sociales e historia** ..........
6 **Sociales y espectáculos** ..........
7 **Contaminación ambiental** ..........
8 **Negocios e información financiera** ..........

Figura 1. Pregunta 1 de la sección IV del cuestionario ENPECYT 2015-2017

Como podemos ver la pregunta es directa. Ahora bien, aunque la diferencia entre un interés grande y muy grande por un tema puede ser bastante subjetiva y difícil de medir en términos objetivos, al menos muestra la tendencia que un sujeto manifiesta sobre su propio entusiasmo por conocer acerca de estos temas y por lo tanto una parte de su actitud general hacia los mismos. En la tabla 1, podemos ver el resultado comparativo que extrajimos de los resultados parciales tabulados para esta pregunta.

| Nivel de interés por nuevos inventos, descubrimientos científicos y desarrollo tecnológico | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2015 | | | 2017 | | |
| Muy grande | Grande | Nulo | Muy grande | Grande | Nulo |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 9.53 | 27.54 | 25.01 | 8.4 | 27.4 | 25.0 |

Tabla 1. Tabulador comparativo del 2015 al 2017 para la pregunta 1

Entre las primeras observaciones que podemos hacer al respecto de este comparativo se halla el hecho evidente de que el interés por los temas científico-tecnológicos no alcanzan ni a la mitad de la población encuestada aun juntado los porcentajes de las respuestas correspondientes a "muy grande" (MG) y "grande" (G), por el contrario, existe una proporción cercana entre aquellos que mantienen un interés grande y aquellos que mantienen un interés nulo por estos temas. Otra observación inevitable al respecto de este comparativo es que existe un descenso en el nivel de interés MG -G de la encuesta del 2015 al 2017. Hemos omitido aquí los resultados del nivel "moderado" ya que interpretamos que al hallarse a la mitad de la escala entre "grande" y "nulo", esta postura representa un interés casual por algunos de los avances en el área sin que genere tampoco un impacto significativo en la actitud de la persona hacia dichos temas.

Otro aspecto muy interesante se manifiesta cuando pasamos del interés de los encuestados por novedades y descubrimientos relacionados con la ciencia y la tecnología y su interés por las ciencias exactas. En este punto es interesante que la pregunta en el cuestionario no hace explicito cuales son estas ciencias denominadas exactas, por lo que implícitamente hace una apelación a la interpretación personal de cada encuestado sobre el tema, aunque a nivel popular se comprende bien que estas abarcan un conjunto de materias que de alguna u otra materia incluyen a las matemáticas. Como quiera que sea los resultados de esta pregunta son reveladores y se muestran en la tabla 1.2, ahí podemos apreciar que el interés de los encuestados por el tema de la ciencias exactas no alcanza ni a un cuarto de los mismos juntando los porcentajes de MG y G, sumando tan solo el 22.1% en el caso del 2015 y el 22.8% en el caso del 2017, lo que es peor hubo un incremento en la proporción del interés señalado como nulo (es decir perdida de interés) entre el 2015 y el 2017 de más de 7.27 puntos porcentuales, lo cual significa simple y sencillamente que el ya de por si bajo interés en las ciencias exactas está cayendo aún más y de manera algo alarmante entre la población mexicana.

| Nivel de interés por las ciencias exactas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2015 | | | 2017 | | |
| Muy grande | Grande | Nulo | Muy grande | Grande | Nulo |
| 5.41 | 16.69 | 35.13 | 3.3 | 19.5 | 42.4 |

Tabla 1.2. Tabulador comparativo del 2015 al 2017 para la pregunta 1

Una paradoja interesante que surge al comparar las dos tablas presentadas con anterioridad es que de alguna manera el interés por aspectos científicos tecnológicos se ha mantenido estable entre la población encuestadas, sin embargo, este interés se invierte en el momento en el que intervienen elementos de mayor complejidad como en el caso de las matemáticas. Podemos ver esto de manera gráfica en la figura 2, la cual nos muestra las tendencias de ambas tablas solo en el caso del 2017.

COMPARATIVO 2017

Nuevos inventos, descubrimientos y desarrollo
Ciencias exactas

45
40
35
30
25
20
15
10
5
0

NULO
GRANDE
MUY GRANDE

Figura 2. Comparativo entre el interés por las novedades relacionadas con C y T y el interés por las ciencias exactas en la encuesta del 2017

En esta grafica podemos apreciar la brecha que se abre entre el 25% al 42% entre el interés general por los temas CyT (línea azul) y el interés particular por los elementos de ciencias exactas (línea naranja), la mayor parte de los cuales se hallan en los cimientos de los inventos, descubrimientos y desarrollos tecnológicos que se han estado presentando a lo largo de los últimos años. También podemos ver que hay una tendencia constante y paralela entre aquella parte de la población que se interesa por las novedades de la ciencia y la tecnología en proporción G y MG y aquellos que se interesan por las ciencias exactas. La conclusión es simplemente que hay más gente que se interesa por las novedades de la CyT que por las ciencias exactas, es decir por los resultados y no por los fundamentos.

Lo que hemos visto hasta aquí tiende a volverse más contradictorio aún ya que la población encuestada reconoce en una muy alta proporción que sin un desarrollo activo en los campos de la ciencia y la tecnología, el país no podrá salir adelante en el ámbito económico. Así en el cuestionario se pide que se mencioné si se está de acuerdo o no ante la siguiente afirmación "*SOLO con base en la investigación básica, aplicada y el*

*desarrollo tecnológico nuestra economía podrá ser más competitiva*” y en la tabla 2 se pueden ver los resultados comparativos del cuestionario entre 2015 y 2017

| SOLO con base en la investigación básica, aplicada y el desarrollo tecnológico nuestra economía podrá ser más competitiva | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2015 | | | 2017 | | |
| Muy de acuerdo | De acuerdo | En desacuerdo | Muy de acuerdo | De acuerdo | En desacuerdo |
| 11.41 | 69.74 | 12.32 | 17.9 | 56.1 | 12.7 |

Tabla 2. Tabulador comparativo del 2015 al 2017 para la pregunta 23/4

En los resultados mostrados en la tabla se puede apreciar el hecho de que el porcentaje de quienes se manifestaron muy de acuerdo con la afirmación planteada creció en dos años del 11.41% al 17.9%, es decir en 6.49 puntos porcentuales. Este hecho es significativo, ya que realmente una parte de la población en México se está dando cuenta de la importancia estratégica que tiene el desarrollo de la ciencia y la tecnología en el crecimiento económico del país. Ahora bien, si reelaboramos la figura 2 añadiendo los resultados obtenidos en esta última pregunta obtenemos la figura 3 denominada cruce 2017”

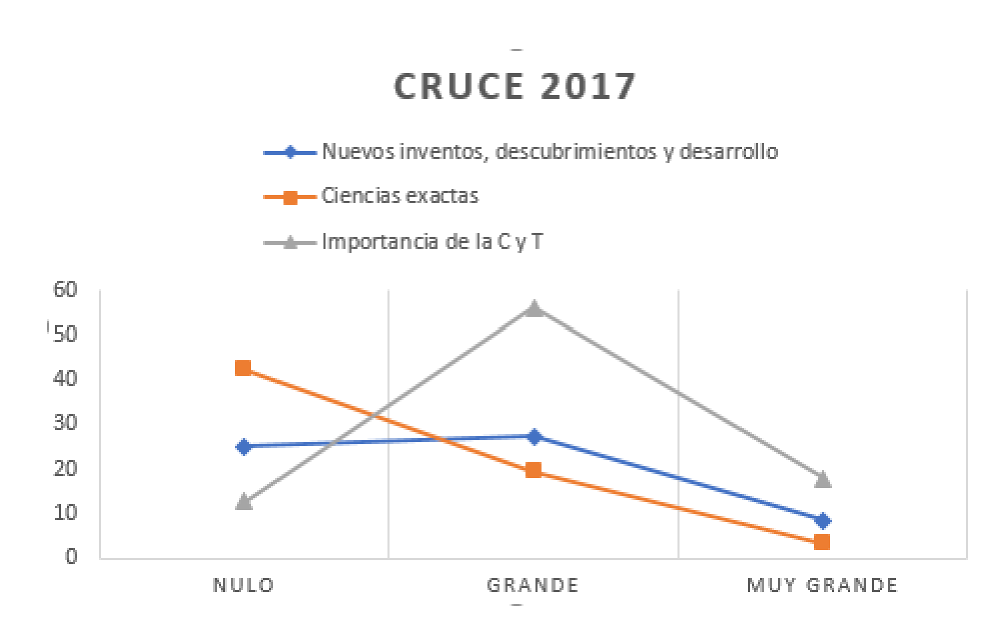



Figura 3. Comparativo entre el interés por las novedades relacionadas con C y T, el interés por las ciencias exactas y la importancia que se le otorga a la C y T en el desarrollo económico del país de acuerdo con la encuesta del 2017

En esta grafica podemos ver sin ambigüedad que mientras la mayor parte de los encuestados reconoce el papel de la ciencia y la tecnología en el desarrollo económico del país también la mayor parte descarta un interés por las ciencias exactas, aunque mantienen otro por las novedades en el área de la ciencia y la tecnología, por ello es que las líneas gris y naranja en la primera columna del lado izquierdo se abren en sentidos opuestos mientras que la línea azul se mantiene casi en medio de ellas. Este comparativo es interesante pues nos muestra que hay una actitud de predisposición de la población a encontrar interesante y relevante el papel de la CyT en el mundo contemporáneo, sin embargo, también muestra un interesante desinterés e incluso rechazo por el tema de las ciencias exactas y que si examinamos el ámbito educativo del país se relaciona con materias del currículo como la física, la estadística o el cálculo en las cuales existe un elevado índice de reprobación.[7]

## 3. Métricas comparativas de la prueba PISA en ciencias y matemáticas.

Una situación que resulta apremiante investigar con profundidad es precisamente la relación que hay entre la percepción y las actitudes de la población asociadas a la ciencia y los resultados obtenidos al evaluar el desempeño de los alumnos en pruebas como la de PISA en donde el promedio para ciencias entre el periodo 2006 – 2015 ha sido de 416 puntos frente a los 496 puntos del promedio de los países de la OCDE, mientras que para matemáticas dentro del periodo 2003 – 2015 se ha obtenido un promedio de 408 puntos frente a los 490 puntos del promedio de la OCDE. Esto sitúa a México por varios años consecutivos en un nivel por debajo del promedio y coincide además con los resultados que hemos presentado del comparativo entre actitudes de interés por varios de los temas relacionados tanto con la ciencia como con la tecnología. En la figura 4 se puede ver el nivel en el que se ha mantenido México en su desempeño general durante varios años de aplicación de la prueba y podemos ver que el incremento en el mismo es prácticamente nulo en ciencias mientras que en el caso de matemáticas se tuvo un incremento que rápidamente cayo de nuevo. En ambos casos, desde que se aplicó la prueba en México por primera vez se ha obtenido un nivel de desempeño que siquiera se acerque al promedio de la OCDE, lo cual significa una grave insuficiencia de la población en su

[7] Se pueden ver las declaraciones del investigador del CINVESTAV Carlos Cuevas Vallejo al respecto: http://noticias.universia.net.mx/ciencia-nn-tt/noticia/2010/09/24/492454/80-universitarios-reprueba-ciencias-exactas-mexico-cinvestav.html

conocimiento de ciencias exactas, algo que sin duda coincide con la gráfica mostrada en la figura 3

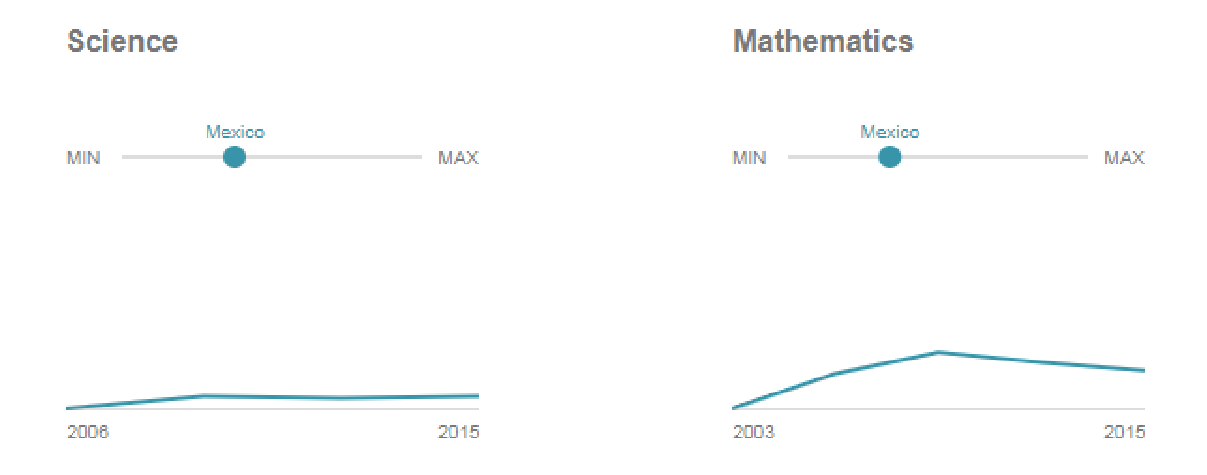



Figura 4. Evolución de los resultados de México en PISA 2003 - 2015

La comparación entre los resultados de la encuesta ENPECYT y los de PISA, es altamente significativa ya que es muy probable que una parte de los encuestados durante el 2017 hayan presentado la prueba PISA entre el 2003 y el 2013, por lo que aún si no es concluyente, si se puede establecer una relación justificada entre ambos elementos. Siguiendo a García-Ruiz y Sánchez (2006) debemos recordar que el aspecto actitudinal se refiere a “un elemento de la conducta de un individuo motivada por la reacción en favor o en contra de un estímulo proveniente de su entorno que expresa una tendencia a actuar.”

## 4. Conclusiones

La cuarta revolución industrial es un concepto que engloba serios cambios en la forma en la que se genera riqueza. Implica especialmente la transición de la producción masiva de bienes físicos de consumo al aprovechamiento y explotación de la información para la creación de nuevos conocimientos, técnicas y tecnologías que intervienen en muchas áreas de la vida económica, social e incluso individual de miles de millones de personas alrededor del mundo. A diferencia de las revoluciones industriales que precedieron a esta, existe una fuerte relación entre los cambios planteados y el desarrollo en el ámbito de la ciencia y la tecnología que impele a algunas sociedades a replantear algunos elementos importantes relacionados con la educación en estas dos áreas de conocimiento con la finalidad de empoderar a su población con los elementos básicos que les permitan utilizar nuevos conocimientos científicos y tecnológicos para el desarrollo de soluciones

innovadoras y muchas veces incluso disruptivas que vayan desde el ámbito local inmediato hasta niveles de aplicación trascendente para la biosfera en su conjunto.

En nuestra indagación hemos querido estimar que tan preparada se halla la sociedad mexicana para enfrentar los cambios relacionados con la revolución 4.0 y nuestro instrumento ha sido el análisis de algunos datos sumamente relevantes obtenidos por la ENPECYT en sus versiones 2015 y 2017 y que se relacionan con actitudes de los individuos respecto a la ciencia y la tecnología. A partir de ahí apreciamos con claridad que la sociedad mexicana de manera general reconoce la importancia que puede tener la ciencia y la tecnología en el desarrollo del país, así como que existe en el país un importante grupo de personas que se interesan por los desarrollos y los descubrimientos de la ciencia y la tecnología, sin embargo y de manera sorprendente este reconocimiento y este interés se invierte de manera radical cuando volteamos la mirada hacia los grupos de individuos interesados en áreas específicas de la ciencia y la tecnología englobadas dentro de las llamadas ciencias exactas. Los indicadores a este respecto son muy graves ya que la alfabetización científica y el empoderamiento de la ciencia y la tecnología por parte de una sociedad especifica no se reduce a conocer los titulares en torno a las novedades que se desarrollan en otras latitudes sino en empoderarse de los conocimientos y las técnicas a nivel más o menos masivo para que eventualmente algunos grupos de individuos dentro de un marco de diversidad y colaboración utilicen estos conocimientos y estas técnicas para el desarrollo de sus propias ideas.

Esta indiferencia respecto a los conocimientos en el área de ciencia y matemáticas parece surgir de manera clara a partir de los modelos educativos vigentes en los cuales se forma el grueso de la población y dentro de los cuales el bajo desempeño en estas importantes áreas son la norma común. No resulta pues increíble que frente al fracaso escolar en una determinada materia como la matemática o la física, surja finalmente una actitud de resignación ante su falta de comprensión e incluso de rechazo por parte del alumno hacia la misma, solo que en este caso se trata de un conjunto de conocimientos sin los cuales una sociedad no podrá tener avance y crecimiento en los próximo años, por no mencionar que se perderá de participar en lo que parece ser cada vez más una transformación radical del mundo a partir de la manipulación de nuevos bloques de conocimiento que, a semejanza de los bloques lego pueden emplearse para construir cosas incluso de las cuales apenas tenemos una idea poco clara acerca de lo que se puede hacer con ellas.

En México la enseñanza de la ciencia y la tecnología nunca ha sido una prioridad de los planes y programas de estudio, desde hace mucho tiempo el énfasis al momento de desarrollar éstos se ha colocado en el conocimiento de las matemáticas y de la enseñanza del español y la lecto-escritura, sin embargo como ya hemos visto, los resultados en la prueba PISA para el área de matemáticas no son sensiblemente mejor que en la de ciencias y algo terriblemente similar sucede para el área de comprensión lectora (INEE, 2015), lo que parece indicar que se trata de un fallo general en los modelos educativos aplicados actualmente y no una situación particular de algunas asignaturas aisladas.

En el futuro próximo la situación de la educación en ciencias y en tecnología tendrá que ser planteada seriamente de una manera o de otra por países como México en donde hay severas brechas en conocimientos de vanguardia. No se necesita ser un visionario como Harari o Schwab para apreciar que los cambios más importantes del mundo se hallan inmersos en el ámbito de la C y T, desde las nuevas cripto-monedas nacionales hasta la riqueza derivada de los datos personales de miles de millones de personas, por lo que se trata de un momento clave para las sociedades alrededor del mundo. Por ello mismo éstas deberán decidir en términos educativos y lo más pronto posible si avanzan o se quedan atrás, solo que esta vez quedarse atrás puede implicar una brecha insalvable a largo plazo.

**Referencias**

Brynjolfsson & McAfee (2016) The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies, W.W Norton, New York

García-Ruiz, Mayra, & Sánchez Hernández, Beatriz. (2006). Las actitudes relacionadas con las ciencias naturales y sus repercusiones en la práctica docente de profesores de primaria. *Perfiles educativos*, *28*(114), 61-89. Recuperado en 07 de diciembre de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982006000400004&lng=es&tlng=es.

Harari, Y. N (2018) 21 lecciones para el siglo XXI, México, editorial Debate.

INEGI – CONACyT (2017) Encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología (ENPECYT) 2017 /documentos tabulados. Recuperado de: http://www.beta.inegi.org.mx/programas/enpecyt/2017/default.html

INEGI – CONACyT (2015) Encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología (ENPECYT) 2015 /documentos tabulados. Recuperado de: http://www.beta.inegi.org.mx/programas/enpecyt/2015/default.html

INEE (2016) México en PISA 2015. Recuperado de: http://www.inee.edu.mx/images/stories/2016/PISA2016/noviembre/PISA_2015-informe.pdf

Schwab, K (2016) The fourth industrial revolution. World Economic Forum, Davos, Switzerland.

SEP (S/F) Historia de la Secretaria de Educación Pública recuperado de: https://www.gob.mx/sep/acciones-y-programas/historia-de-la-secretaria-de-educacion-publica-15650?state=published